

Desarrollo de un elemento oleoneumático para la suspensión posterior de Quads

M. Nogués Aymamí, J. Roca Enrich, X. Potau Núñez, J. Pijuan Cases

*Centre de Recerca en Energia Aplicada (CREA). Universitat de Lleida (UdL).
c/Pere de Cabrera s/n. Campus de Capponet. 25001 Lleida. España.
Tel: 973003569. jroca@diei.udl.cat*

Resumen

El artículo presenta el desarrollo de un elemento de suspensión oleoneumático compacto que pueda sustituir el sistema convencional de muelle y amortiguador en un vehículo de tipo Quad. Se ha desarrollado un modelo paramétrico en el que se tienen en cuenta las especificaciones de diseño. Se muestra como influye la variación de los parámetros de diseño en sus dimensiones y en las condiciones de operación del elemento (presión, rigidez, etc), lo que permite optimizar el diseño. Se presenta el diseño final y su comportamiento frente al sistema convencional.

Los resultados de simulación obtenidos muestran una mejora en la capacidad de superación de obstáculos del vehículo, especialmente cuando este va cargado y se emplea la característica de regulación de altura.

Palabras Clave: Suspensión, oleoneumático, vehículo, todo terreno, quad.

Abstract

This paper reports on the development of a compact oleopneumatic suspension device aimed at substituting the classical spring and damper configuration of quad vehicles. A parametric model has been developed that meets the design specifications. This allows studying how the variation of the design parameters affects the final dimensions and the working conditions of the device (pressure, stiffness, etc) so an optimal design can be obtained. The final design is shown and compared to the old one.

The results obtained from the simulation show an increase in obstacle overcome, especially in a fully loaded vehicle and using the height regulation feature.

Keywords: Suspension, oleopneumatic, vehicle, off-road, quad.

1. Introducción

Durante los últimos años, la utilización de vehículos todo terreno tipo Quad ha ido en aumento gracias a su versatilidad y a su doble vertiente de utilización. Para su utilización recreacional, en este tipo de vehículos prima la comodidad y la movilidad en terrenos irregulares; mientras que en su uso profesional se pueden utilizar como vehículos de transporte con lo que varía considerablemente la carga situada sobre su eje posterior.

Los sistemas de suspensión de esta tipología de vehículos son una parte crítica e influyen de manera significativa en su comportamiento. Por un lado absorben

parcialmente las oscilaciones del terreno para mejorar el confort de marcha y por otro permiten adaptar la posición de las ruedas a las irregularidades del terreno, mejorando así la adherencia del conjunto sobre el suelo.

Los sistemas de suspensión basados en muelles lineales padecen de dos importantes inconvenientes al variar la carga que soporta la suspensión. La posición de equilibrio de la suspensión cambia significativamente con el nivel de carga, de forma que al aumentar éste se reduce la altura libre al suelo, y la frecuencia propia de la suspensión disminuye considerablemente al aumentar la carga sobre este.

La utilización de un cilindro de gas compresible como componente elástica de la suspensión, en sustitución del clásico muelle lineal, proporciona un aumento progresivo de la rigidez al comprimirse y por tanto una menor variación de la frecuencia propia al aumentar la carga. Este sistema facilita la regulación de altura, si se utiliza un fluido incompresible intermedio para actuar sobre el cilindro de gas.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un elemento oleoneumático compacto que integra las componente elástica y de amortiguación y que permite la regulación de altura variando el volumen de líquido en el cilindro intermedio. La metodología de desarrollo se aplica al caso concreto de sustitución del conjunto muelle-amortiguador convencional en la suspensión posterior de un quad comercial.

2. Especificaciones del diseño

En la Figura 1 se muestra el esquema del mecanismo de la suspensión y el sistema oleoneumático que integra el elemento a desarrollar. La relación entre el recorrido del conjunto muelle-amortiguador, r_m , y el recorrido vertical de la rueda, r_r , es aproximadamente constante e igual a 0,6.

Las longitudes máxima y mínima del elemento oleoneumático, y por tanto el recorrido máximo, serán los mismos que en el conjunto muelle-amortiguador convencional. También se considera que es igual el recorrido del elemento en la posición de equilibrio a carga estándar (punto e en la Figura 2), cuando la fuerza ejercida por éste contrarresta el peso de la masa suspendida. La fuerza que a recorrido máximo realizará el gas comprimido se fija en un valor superior al que proporciona el muelle convencional, de forma que proporcione en esta situación un aceleración vertical de la masa suspendida de aproximadamente 15 m/s^2 . Este aumento puede plantearse sin disminuir el confort en

la zona habitual de trabajo de la suspensión, pues la rigidez de un cilindro de gas a compresión aumenta progresivamente al disminuir su volumen.

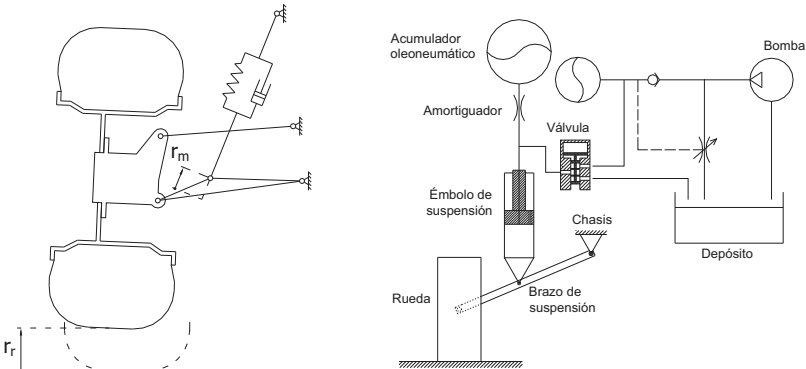


Figura 1. Mecanismo de la suspensión y sistema oleoneumático a implementar

Las principales especificaciones de diseño consideradas se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones del elemento oleoneumático.

Magnitud	Valor	Unidades
Recorrido máximo del elemento (r_{m-f})	120	mm
Recorrido del elemento en equilibrio (r_{m-e})	12,87	mm
Longitud máxima del elemento	403	mm
Longitud mínima del elemento	283	mm
Fuerza en equilibrio (F_{m-e})	1976	N
Fuerza a recorrido máximo (F_{m-f})	5000	N

3. Metodología de diseño

A diferencia del sistema convencional, donde existe una relación lineal entre la deformación por el muelle y la fuerza ejercida por éste (Figura 2), en el sistema oleoneumático, dicha relación deja de ser lineal, debido a la compresión adiabática que experimenta el Nitrógeno, descrita por la Ecuación 1.

$$Pv^\gamma = cte \tag{1}$$

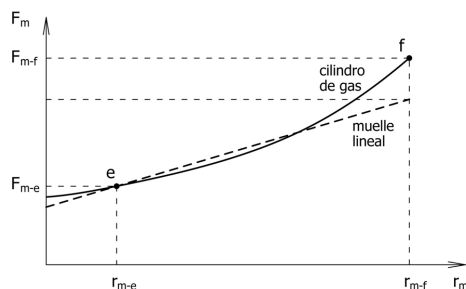


Figura 2. Relación fuerza ejercida en función recorrido para ambos sistemas considerados

Por ello se ha establecido como punto de partida para el cálculo de la presión y volumen, la condición de equilibrio bajo carga estándar. A partir de la fuerza a ejercer en esta condición se puede evaluar la presión hidráulica en función de la sección del vástago del elemento, mientras el volumen de Nitrógeno en dicha posición, v_{eq} , se fija según la Ecuación (2) de forma que la posición r_{m-e} sea la misma que para el caso del sistema convencional.

$$v_{eq} = v_o - r_{m-e} S_{cilindro} \quad (2)$$

Agrupando las ecuaciones (1) y (2), se podría calcular la presión, en función del recorrido del elemento, si se conociera v_o .

$$P_m = P_{eq} \left(\frac{v_o - r_{m-e} S_{cilindro}}{v_o - r_m S_{cilindro}} \right) \quad (3)$$

Con el fin de fijar el v_o se establece la condición de la fuerza máxima de diseño, y por lo tanto, dada una sección del vástago la presión máxima que se desea, para el caso de máximo recorrido del elemento.

Así pues, considerando las especificaciones de diseño restan por especificar $\varnothing_{vástago}$ y $S_{cilindro}$, los cuales requieren una optimización con el fin de alcanzar un diseño compacto. En la Figura 3 se muestra el gráfico que relaciona el diámetro de la camisa del cilindro de gas con la longitud del mismo obtenida a partir de v_o para diferentes diámetros de vástago.

A partir de la Figura 3 se observa que el sistema puede ser más compacto a medida que la relación entre el diámetro de la camisa y el diámetro del vástago aumenta, debido a que en este caso, el recorrido del vástago se traduce en pequeños desplazamientos del émbolo del gas. Además, al disminuir la sección del vástago, también repercute en una

disminución del desplazamiento de dicho émbolo. No obstante, al reducir el diámetro del vástago, las presiones de trabajo aumentan notablemente lo que requiere un sobredimensionamiento del elemento.

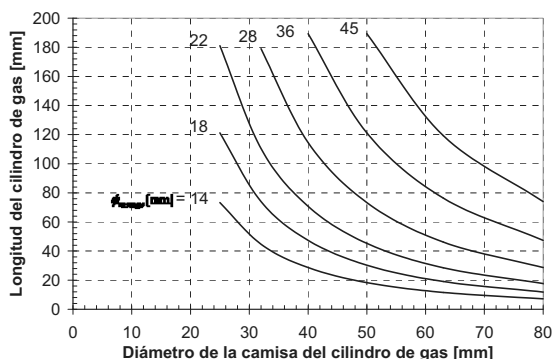


Figura 3. Longitud del cilindro de gas para diferentes diámetros del vástago en función del diámetro del cilindro de gas

4. Diseño final

El diseño del elemento oleoneumático (Figura 4) consta de una cámara de gas separada por un émbolo de la cavidad de aceite y de un vástago que al introducirse en ésta empuja al émbolo obligando a disminuir el volumen de gas. Otro émbolo fijado al extremo del vástago realiza la función de amortiguación. Unos orificios calibrados practicados en éste permiten ajustar el coeficiente de amortiguación del conjunto.

El conjunto se ha modelado con un software de CAD paramétrico en el que se han introducido los valores de las especificaciones y las relaciones entre dimensiones de diámetros y de longitudes que deben cumplirse para conseguir el comportamiento deseado. Finalmente se ha seleccionado un valor de 22 mm para el diámetro del vástago y de 70 mm para el émbolo de gas. Éstos son los únicos valores normalizados que permiten integrar la cámara de gas sin superar la longitud especificada y limitando la presión de funcionamiento a 150 bar, mediante una válvula de seguridad.

En la Figura 5 se muestra la curva de funcionamiento del elemento oleoneumático diseñado en comparación con el muelle convencional. También se muestra la condición de equilibrio para la situación de carga máxima y la curva correspondiente una vez corregida la altura del vehículo.

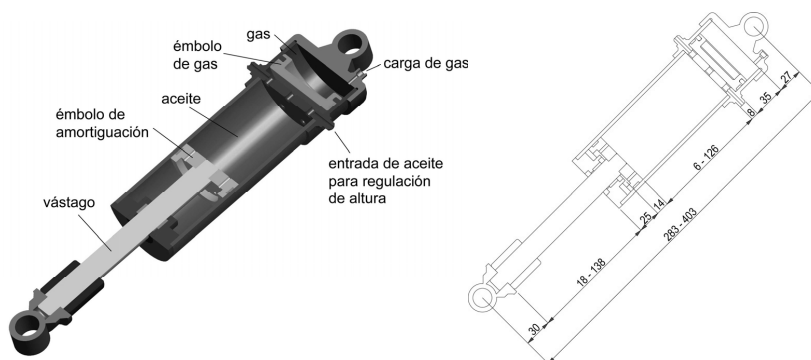


Figura 4. Modelo 3D y sección acotada del diseño

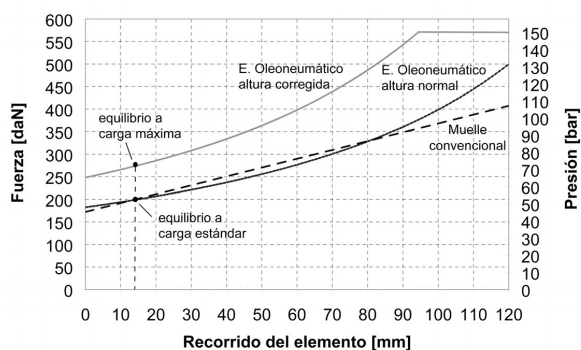


Figura 5. Curva característica y posibilidad de regulación del elemento

5. Conclusiones

La metodología empleada, junto con el uso de relaciones paramétricas en la fase de diseño, ha permitido la optimización y el cumplimiento de las especificaciones.

Además el sistema propuesto permite la regulación de altura, proporcionando una mayor distancia libre al suelo en condiciones de carga máxima.

La frecuencia natural de la suspensión con el diseño desarrollado muestra una menor dependencia respecto a las condiciones de carga.

6. Referencias

1. Amy L. Wong .*Axiomatic Design of a Customizable Pneumatic Automotive Suspension with Hydraulic Ride Height Regulator*. Massachusetts Institute of Technology, EUA, (2005).
- 2 M. Höllinger, M. Glauch. *Mobility Analysis of a Heavy Off-Road Vehicle Using a Controlled Suspension*. Krauss-Mafei GmbH&Co. KG. Munich.
3. G. Montseny, G. Salut. *A propos de la "suspension crone"*. Conférence Internationale Francophone d'Automatique. Nantes, 2002.